

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE-UNESC

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANA KARINE FERRARO PACHECO

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ÁGUA E DO SEDIMENTO NA LAGOA DA
ENCANTADA, BALNEÁRIO DUNAS DO SUL, JAGUARUNA, SC**

**CRICIÚMA
2013**

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE-UNESC
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ÁGUA E DO SEDIMENTO NA LAGOA DA
ENCANTADA, BALNEÁRIO DUNAS DO SUL, JAGUARUNA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Profª M.Sc. Nadja Zim Alexandre

CRICIÚMA
2013

ANA KARINE FERRARO PACHECO

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ÁGUA E DO SEDIMENTO NA LAGOA DA
ENCANTADA, BALNEÁRIO DUNAS DO SUL, JAGUARUNA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel no Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Ecossistemas Aquáticos.

Criciúma, 25 de junho de 2013.

Prof. Nadja Zim Alexandre - Mestre - (UNESC) – Orientadora

Prof. Sérgio Luciano Galatto - Mestre - (UNESC)

Prof. Yasmine de Moura da Cunha - Mestre - (UNESC)

“Quem é esta que avança como a aurora formosa como a lua brilhante como um exército em
ordem de batalha”

Maria et Legio
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pelo dom da vida.

Agradeço ao PE. Valmor Boeger e ao monsenhor Agenor Neves Marques (in memorian), por tê-lo em minha vida e aprender a gostar da natureza e por fazer parte do Paraíso da Criança durante minha juventude.

Agradeço ao Dilney (in memorian), “minha criança pequena” que partiu muito cedo.

Agradeço ao meu avô Ivo Ferraro (in memorian) e a vovô Nenega (in memorian).

Agradeço a minha mãe Marley, minha avó Nadir, ao meu pai adotivo Wanderley, aos meus primos-irmãos Thaigo e Yugo.

Agradeço aos meus protetores Miguel, Ângelo , Maira Pedroso e Iara que foram os meus anjos da guarda durante esta caminhada.

Agradeço a minha orientadora Nadjá Zim Alexandre, pelo verdadeiro exemplo profissional de professora, orientadora, sempre atenciosa e preocupada para com os seus orientandos.

Agradeço a todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho, em especial aos professores Sérgio Luciano Galatto e Yasmine Moura da Cunha pela participação na banca, sou Grata!

MAGNÓLIA BRANCA

Magnólia branca, flor sagrada e bela,
Que ofertas às manhãs o teu perfume,
As outras flores sofrem de ciúmes,
Porque és além de flor uma canção...

Assim toda de branco e mui singela,
A imagem mais perfeita da beleza,
Obra prima que deus teceu à mão...

Se a fúria do tufão te martiriza,
Assim tão brutalmente sacudida,
Perfuma o açoite que te fere a vida
C' o bálsamo que tens no coração...

Depois da tempestade vem a brisa
O espinho retirar-te da corola,
Carinho que te afaga e te consola
Do insulto inconsciente do tufão...

Exposta embora à chuva de granizo,
Não querias nunca ser a flor colhida,
E fica sempre a perfumar a vida
No altar da natureza, altar do amor.

Perene guarda sempre o teu sorriso,
Na luz imaculada do sacrário.
Na seda do teu nobre relicário
Se esconde Deus em todo o seu 'splendor.

À noite, quando estrelas são velas,
E os anjos a rezar, 'stão reunidos,
Então perfumas os jardins floridos
Esparsos pela imensa escuridão.

Quando as montanhas abrem as janelas,
E o sol brilhante acende a luz do círio,
As lágrimas de orvalho em seu delírio
São bálsamo de amor ao coração.

Magnólia branca, sacra majestade,
Beleza pura que jamais fenece,
Tú és o altar de luz e sonho e prece
Onde o poeta absorto se compraz.

Perfuma este orbe cheio de maldade
Circunda a terra toda de ternura
E beija as faces cheias de amargura e ensina o mundo a construir a paz...

Autor: Mons. Agenor Neves Marques.

RESUMO

O presente trabalho objetivou a realização de uma avaliação preliminar da qualidade da água e do sedimento da Lagoa da Encantada, localizada no Balneário Dunas do Sul, município de Jaguaruna, Santa Catarina. A área de estudo encontra-se inserida na Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca - APA da Baleia Franca, instituída pelo Decreto Federal de 14 de setembro de 2012. A avaliação da qualidade da água considerou como referência as condições estabelecidas pela resolução 357/05 do Conama e a aplicação de índices de qualidade: IQA – índice de qualidade de água, IVA – Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática, IPMCA - Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática, IET- Índice do Estado Trófico. Foram avaliadas ainda as condições de ecotoxicidade da água e do sedimento, sendo as análises realizadas no IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico da UNESC. Os resultados demonstram que a água da Lagoa da Encantada encontra-se em ótima condição de qualidade, para os índices aplicados e apresenta condições de uso condizentes com classe 1 do Conama 357/05. Contudo, o sedimento apresentou concentração de carbono orgânico e de nitrogênio acima do valor de referência estabelecido pelo Conama para fins de gerenciamento de eutrofização, situação esta que associada à transparência da água reúnem as condições ideais para o crescimento de plantas aquáticas, indicando possível tendência à eutrofização deste corpo hídrico.

Palavras-chaves: Lagoa da Encantada. IQA, IVA, eutrofização, *Daphnia magna*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Microcrustáceo <i>Daphnia magna</i> (A) e (B) Desenho esquemático detalhando os órgãos.	18
Figura 2 - Localização da área de estudo, destacando o município de Jaguaruna e o Balneário Dunas do Sul, SC.	21
Figura 3 - A) Casas com arruamento não pavimentado em área de dunas; B) Casa em construção.	22
Figura 4 - Balneário Dunas do Sul e parte da Lagoa da Encantada, Jaguaruna, SC.	23
Figura 5 - A) Estação de amostragem de água e sedimento na Lagoa da Encantada; B) vista da estação para Leste; e C) amostragem de água em 25/03/2013 (superfície). Balneário Dunas do Sul, Jaguaruna, SC.	24
Figura 6 - A) Desenho esquemático demonstrando a utilização do disco de <i>Secchi</i> ; B) disco de <i>Secchi</i> utilizado para avaliar a transparência da Lagoa da Encantada.	25
Figura 7 - Garrafa de <i>Van Dorn utilizada</i> para amostragem de água em diferentes profundidades	26
Figura 8 - Os frascos utilizados para armazenamento das amostras, onde: A) garrafa estilo pet de 1000 mL, B) vidro âmbar de 1000 mL e C) garrafa tipo pet de 5000 mL	27
Figura 9 - Amostragem do sedimento, onde: A) detalhe da draga; B e C) armazenamento do sedimento até ser transportado ao Laboratório; e D) sedimento em laboratório para a análise.	28
Figura 10 - Ensaio de toxicidade aguda com <i>Daphnia magna</i> , onde: A) incubadora; B) béqueres com os organismos expostos as diluições e C) apresenta o controle teste.	29
Figura 11 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas utilizadas no IQA	31
Figura 12 - Distribuição granulométrica das partículas do sedimento da Lagoa da Encantada.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Preservação e armazenamento das amostras de água bruta de acordo com o tipo de análise.....	26
Tabela 2 – Parâmetros analisados em água, amostragens em superfície, meio ou fundo da coluna d'água e método de análise.	27
Tabela 3 - Parâmetros que compõe o IQA com os respectivos pesos de contribuição na formação do índice (wi)	30
Tabela 4 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas – IQA.	32
Tabela 5 - Classificação dos índices do estado de trofia.....	34
Tabela 6 - Classificação da qualidade da água com aplicação do IVA	34
Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos das unidades amostrais, superfície meio e fundo da qualidade da água da Lagoa da Encantada, Balneário Dunas do Sul, SC.....	35
Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água obtidas na superfície e fundo da Lagoa da Encantada e valores de referência do Conama 357/05 para água doce.....	36
Tabela 9 - Classificação da qualidade da água com relação ao IQA nas amostras de superfície e fundo da Lagoa da Encantada, Dunas do Sul , SC.....	38
Tabela 10 - Classificação da água da Lagoa da Encantada de acordo com os índices de qualidade para preservação da vida aquática.....	39
Tabela 11 – Resultado do ensaio granulométrico para caracterização do sedimento da Lagoa da Encantada, Jaguaruna, SC.....	40
Tabela 12 – Resultados analíticos (parâmetros físico-químicos) do sedimento da Lagoa da Encantada, Jaguaruna , SC.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo;

C° – Temperatura em graus Celsius.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;

DBO- Demanda bioquímica de oxigênio.

EPAGRI-

IBGE-

IPMCA- Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática.

IQA- Índice de qualidade de água.

IVA- Índice para a proteção da vida aquática.

IET – Índice de estado trófico

IET (P) – Índice de estado trófico para fósforo

MN\100ml-

OD- Oxigênio Dissolvido.

PE- Valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais

PH- Potencial hidrogênico.

Qi- qualidade do i-ésimo

ST- Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas

Wi – peso correspondente ao i-ésimo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1 ÁREA DE ESTUDO	21
2.2 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DA LAGOA.	23
2.2.1 Profundidade e transparência de <i>Secchi</i>	24
2.2.2 Amostragem e parâmetros de análise	25
2.2.3 Amostragem e caracterização do sedimento	28
2.2.4 Teste de toxicidade aguda <i>Daphnia magna</i>	29
2.2.5 Cálculo do IQA	30
2.2.6 Cálculo do IVA	32
2.2.6.1 Cálculo do IPMCA.....	32
2.2.6.2 Cálculo do IET	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Os rios e lagos possuem metabolismos dependentes regulados por sua área de drenagem, especialmente pela interconexão biogeoquímica terra-água (WETZEL, 2000). Essa interconexão é de grande importância, pois controla e ou influencia os organismos, fluxos de energia e nutrientes na região, conectando os ecossistemas adjacentes (WALL; PALMER e SNELGROVE, 2001).

O uso desenfreado dos recursos naturais, destacando os recursos hídricos, vem gerando preocupação aos estudiosos e pesquisadores na área. De fato, a água doce desde os primórdios é considerada fonte primária para sobrevivência do homem e necessária para a realização de afazeres cotidianos como abastecimento e produção de alimentos (KNIE; LOPES, 2004).

A água é a substância mais abundante do planeta, disponível em diferentes quantidades e lugares, sendo 97,5% do volume total de água na terra formam os mares e oceanos, o restante cerca de 2,5% são de água doce, sendo que deste cerca de 68,9% formam as calotas polares, geleiras e 29,9% formam as águas dos pântanos e 0,3% formam lagos e rios (NURENE, 2008, p. 7).

Para o consumo humano a água precisa seguir rigorosos critérios de qualidade, de maneira que não cause malefícios à saúde dos consumidores. Quando a água atende aos padrões para o consumo ela é considerada potável, e para tal deve seguir critérios estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da Portaria 2914 de 12-12-2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama através da Resolução n. 357 de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de águas doces, salobra e salgadas e define as diretrizes ambientais para seu enquadramento (BRASIL, 2005).

Segundo esta resolução, que trata da qualidade das águas nos rios, lagos ou oceano em função dos vários tipos de usos a que este bem se destina, a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável que se encontra fundamentado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção e da precaução. Ainda afirma a resolução que o equilíbrio ecológico aquático não deve ser afetado pela deterioração da qualidade das águas (BRASIL, 2005).

Para garantir essas e outras premissas introduzidas pelo CONAMA através da Resolução 357/05, este instrumento classifica os corpos hídricos em águas doces, salinas e

salobras em 13 (treze) classes de uso conforme a qualidade requerida para os usos preponderantes. Para as águas doces, o CONAMA estabelece:

Classe Especial – Destinada ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção e preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

Classe 1 – destinada ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, a recreação, a irrigação de hortaliças consumidas cruas.

Classe 2 – destinada ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional proteção das comunidades aquáticas, a recreação, a irrigação de hortaliças, frutíferas, parques e jardins e a aquicultura ou atividade pesqueira.

Classe 3 – destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento avançado, a irrigação culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e dessedentação de animais.

Classe 4 – destinada a navegação e à harmonia paisagística.

Ainda segundo o que determina a resolução do CONAMA 357/05 em seu artigo 42: “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas de classe 2, as salinas e as salobras de classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. Para água doce enquadrada na classe especial, na classe 1 e na classe 2 a resolução 357/05 CONAMA, estabelece como condição de qualidade a não verificação de efeito tóxico crônico (BRASIL, 2005).

Neste sentido, o Estado de Santa Catarina, possui legislação específica para avaliar o efeito toxicológico do lançamento de efluentes nos corpos d’água receptores. A portaria n. 17 de 18 de abril de 2002 da FATMA, estabelece os limites máximos de toxicidade aguda e considera que as substâncias existentes no efluente não podem causar ou possuir potencial causador de efeitos capazes de provocar alterações no comportamento e fisiologia dos organismos aquáticos presentes no corpo receptor (FATMA, 2002). Para isso, a Portaria especifica os valores admitidos de FD – Fator de Diluição, que estabelece a razão a ser mantida entre a vazão do efluente e do corpo receptor para que não haja efeito nos organismos aquáticos.

Uma alternativa para acompanhar a evolução da qualidade da água é o uso de índices de qualidade. Segundo Sperling (2006) esta é uma forma prática e simples de divulgar

ao público em geral, os dados técnicos de qualidade ambiental como a concentração dos poluentes nos corpos d'água, por exemplo.

Sperling (2006), Braga et al. (2005) são unânimes em afirmar que os índices de qualidade não são instrumentos de avaliação de atendimento à legislação, mas sim de “comunicação para o público” das condições ambientais do corpo d'água avaliado.

Sperling (2006) ainda afirma que devido ao seu caráter reducionista, onde vários parâmetros de qualidade são convertidos em uma nota ou avaliação única, os índices tem gerado polêmica, uma vez que “mascaram a multiplicidade de condições que ocorrem num corpo d'água...”

“...por outro lado, a capacidade de síntese proporcionada por um índice, desde que entendidas suas limitações intrínsecas, é de grande VALIA para a comunicação com o público” (Sperling, 2006, p.252)

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), para acompanhar a qualidade da água, no Estado de São Paulo adaptou e desenvolveu o IQA - Índice de Qualidade das Águas a partir de estudo realizado pela *National Sanitation Foundation* na década de 70 nos Estados Unidos (CETESB, 2013).

Sperling (2006) afirma que um índice pode ser entendido como uma “nota” que retrata uma condição. No caso do IQA da CETESB esta condição varia entre ótima, boa, regular ou satisfatória, ruim e péssima. Esta condição precisa estar relacionada a um objetivo que no caso do IQA é o de avaliar os prováveis mananciais, ou seja, avaliar os corpos de água que podem ou poderão se tornar potenciais fontes de abastecimento doméstico após o tratamento convencional da água (CETESB, 2013; SPERLING, 2006).

O IQA é calculado levando em conta nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade da água: coliformes fecais ou bactérias termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura da água, turbidez, resíduo ou sólido total e oxigênio dissolvido (CETESB, 2013). A cada parâmetro é atribuído um peso, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA, e traçadas curvas médias de avaliação da qualidade da água em função da sua concentração (SPERLING, 2006).

Os coliformes fecais ou bactérias termotolerantes pertencem aos gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*, são gram-negativas, se reproduzem a uma temperatura de 44 °C, sendo estas, consideradas como principais indicadores de contaminação fecal, pois estão presentes em grande quantidade no intestino dos animais de sangue quente. São utilizadas como indicadores da qualidade sanitária, por

indicar a possibilidade de existência de microrganismos patogênicos entre os quais: febre tifoide, febre paratifoide, desintéria bacilar e cólera (NUVOLARI, 2003). É um dos parâmetros de qualidade estabelecido pelo IQA e que contribui com 15% na formação do índice (CETESB, 2013).

O pH indica a concentração de íons H^+ em solução e caracteriza o estado de acidez, neutralidade ou alcalinidade. Deste modo, uma solução líquida com valor pH 7, apresenta-se como uma solução neutra, enquanto que acima do valor 7 são caracterizados como básicos ou alcalinos e valores abaixo de 7 são caracterizados como ácidos (BRAGA et al., 2005). O pH é importante para a distribuição dos organismos aquáticos, tanto da fauna quanto da flora. Espécies vegetais como *Elodea canadensis* crescem em águas com pH de 7,7 a 8,8 e espécies como *S. rubellum* se desenvolvem em ambientes aquáticos com pH entre 3 e 4 (DAJOZ, 2005). É um dos parâmetros que compõe o IQA, contribuindo com 12% na constituição deste índice (CETESB, 2013).

A demanda bioquímica de oxigênio - DBO refere-se a quantidade de oxigênio necessária para que ocorra a oxidação da matéria biodegradável em condições aeróbicas (NUVOLARI, 2003). Segundo (BRAGA et al, 2005) a quantidade de oxigênio consumido é consequência da atividade metabólica (respiração) dos microrganismos que se nutrem da matéria orgânica. Sperling (2006) escreve que o aumento do DBO num corpo d'água, é ocasionado por despejo de origem orgânica, que com o aumento deste pode induzir a extinção do oxigênio, e consequentemente o desaparecimento dos peixes e outras formas de vida aquática.

O nitrogênio total é considerado como um macronutriente, sendo o segundo elemento, depois do carbono, mais exigido pelas células vivas. Os compostos de nitrogênio são apresentados no ambiente em várias formas, como: amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico. Estes compostos em grande quantidade e expostos a outros nutrientes tais como o fósforo, contribui para o crescimento exagerado de algas a eutrofização (ANA, 2009).

O fósforo é encontrado sobre diferentes formas nos corpos d'água, entre estas: ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. Este elemento químico ocorre na natureza através da dissolução dos solos e da decomposição da matéria orgânica (SPERLING, 2006). Quando em excesso demonstra a ação antrópica, podendo advir do escoamento superficial de áreas agrícolas, uso de fertilizantes, despejos domésticos, indústrias alimentícias, entre outras fontes de contribuição. O fósforo associado ao nitrogênio se constitui no principal fator que contribui para a eutrofização de corpos d'água, principalmente de ambientes lênticos (SPERLING, 2006).

Tanto o fósforo quanto o nitrogênio contribuem para a formação do IQA sendo responsáveis cada um com 10% na formação deste índice (CETESB, 2013).

A temperatura é outro fator primordial na distribuição dos organismos aquáticos. A variação brusca de temperatura causa impactos negativos nos ecossistemas hídricos, pois influencia na velocidade de reações químicas, no metabolismo dos organismos, além de afetar diretamente as características físicas do meio como a tensão superficial e a viscosidade da água alterando o desenvolvimento e reprodução de organismos aquáticos (ANA, 2009).

Entende-se por turbidez a presença de materiais que se encontram em suspensão no fluido, ocasionando a alteração das propriedades ópticas. Os materiais em suspensão podem ser de natureza orgânica (lançamento de esgotos) e de natureza inorgânica como atividades de mineração, despejos contendo compostos químicos, entre outros. Como consequência da turbidez, tem-se a turvação da água, o que aumenta os custos de tratamento desta para fins de consumo público; além de se tornar com aspecto inadequado para fins de recreação, principalmente de contato primário (NUVOLARI, 2003; DERÍSIO, 2000). A turbidez contribui com 8% na formação do IQA (ANA, 2009).

Resíduo total ou matéria sólida total refere-se a matéria presente no corpo d'água que se deposita após secagem ou calcinação de uma amostra num determinado tempo e temperatura. Essa matéria serve de alimento para organismos aquáticos, porém quando em elevada concentração indicam desequilíbrio ambiental, principalmente quando se constituírem de material em suspensão que ao se depositar poderão danificar a vida aquática afetando locais de desova dos peixes, aumentando riscos de enchentes, assoreamento e problemas de navegação. O peso da turbidez na composição do IQA é de 8% (CETESB, 2013).

A quantidade de oxigênio dissolvido presente na água é responsável pela manutenção das atividades dos organismos aeróbicos. O índice de OD varia de 0 a 9-10mg/L nas superfícies das águas naturais, porém um teor de 5 a 6 mg/L é o necessário para manter uma população variada de peixes. O parâmetro de OD mostra-se como um excelente índice para avaliar os efeitos dos elementos dos corpos hídricos bem como o desenvolvimento e comportamento dos organismos aquáticos tendo, por exemplo, ao metabolismo respiratório da maior parte dos organismos em especial as bactérias que utilizam o oxigênio em seus processos respiratórios durante a estabilização da matéria orgânica, causando a redução da concentração de OD no meio aquático (SPERLING, 2006).

Com objetivo de abranger um número maior de parâmetros, principalmente aqueles indicadores que avaliam a toxicidade para a vida aquática, surge já no final da década de 90 - início de 2000, o IVA – Índice de Qualidade de Água para a Proteção de Vida

Aquática, cujo objetivo já está explícito no próprio nome. Este índice foi criado com a finalidade de proteger a fauna e a flora aquática, levando em consideração a avaliação da presença de contaminantes químicos tóxicos e os efeitos que estes podem trazer aos organismos aquáticos. O IVA é composto por dois subíndices o IPMCA e o IET (SPERLING, 2007).

O IPMCA - Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática identifica o nível de contaminação por substâncias danosas que podem interferir na comunidade aquática. O IPMCA é dividido em dois grupos de variáveis: grupo de variáveis com seus parâmetros essenciais (PE): pH, toxicidade e oxigênio dissolvido; e o grupo de substâncias tóxicas (ST): surfactantes ou detergentes, fenóis, cádmio, chumbo, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total, níquel total e zinco total (CETESB, 2013; ANA, 2009; SPERLING, 2007).

O IET ou Índice de Estado Trófico tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, quanto ao enriquecimento de nutrientes e o efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas. Segundo Sperling (2007) o IET apresenta três parâmetros utilizados para classificar o nível trófico da água: transparência (utilizando disco de *Secchi*), fósforo total e clorofila "a". No quadro 1 são listados os níveis tróficos e suas características.

Quadro 1- Principais características segundo o grau de trofia.

Nível Trófico	Característica do Corpo Hídrico
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, com água clara (transparente), em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetado por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos seus usos múltiplos.
Hipereutrófico	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, podendo inclusive estar associados a episódios de florações de algas e de mortandade de peixes e causar consequências indesejáveis sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: SPERLING (2007)

Esteves (1998) ressalta que a eutrofização ocorre em função do aporte de nutrientes aos ambientes aquáticos. Quando o ecossistema não utiliza toda a quantidade de nutrientes que recebe, o excesso é utilizado pelas algas, instalando-se então, o processo de eutrofização. Sperling (2006) alerta que o fósforo é o reagente que causa a eutrofização e quando associado à presença de nitrogênio, o crescimento da população de algas é favorecido.

Os resultados correspondentes Índice de Estado Trófico do fósforo, IET (P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, enquanto que os resultados da clorofila a, IET (CL), devem ser considerados como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador. Assim, o índice médio engloba a causa e o efeito do processo.

Outros índices são também utilizados para avaliar a qualidade do ambiente aquático como o Índice de Qualidade de Água em Reservatório - IQAR (BRAGA, 2005); Índice de Balneabilidade (BRASIL, 2005), Índice de Toxicidade de Metais – IT (CETESB, 2004), Índice de Diversidade de Espécies (SPERLING, 2007), entre outros.

Não se pode esquecer também que vem crescendo as várias formas de biomonitoramento, que segundo Silva (2005) emprega-se em três situações. Primeiro quando há suspeita de que os organismos nativos estejam sendo afetados. Segundo quando há presença de ameaça à saúde humana, por motivos de ingestão de espécies presentes no local, e o terceiro quando se pretende avaliar as condições ambientais de um local em particular.

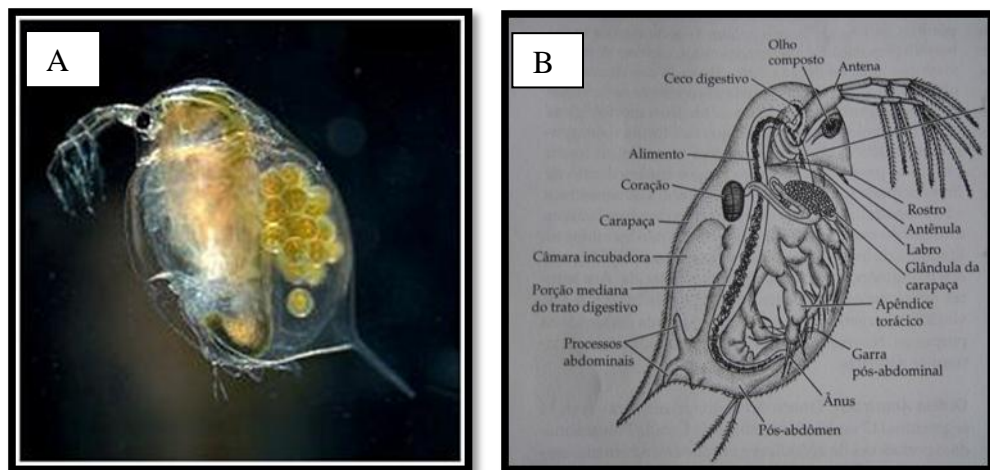
Por outro lado, tem-se a toxicologia ambiental, que objetiva avaliar os efeitos das substâncias químicas que presentes no ambiente, nos quais estas sendo adversas, presente em uma determinada espécie biológica, e os efeitos negativos à saúde humana (SILVA, 2005). Apresenta-se também, dentro do ramo da toxicologia, a ecotoxicologia, que se mostra como uma ferramenta adicional e de grande relevância, utilizada para detectar contaminante nas águas, bem como comprovar os efeitos desses contaminantes nos organismos aquáticos (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

“[...] A Ecotoxicologia Aquática surgiu como uma forma mais adequada de prevenção e controle da qualidade da água, principalmente de ambientes que estão sujeitos a emissões constantes de contaminantes de difícil identificação. Pois esta técnica se utiliza, dentre outras coisas, dos testes de toxicidade como ferramenta capaz de observar o impacto que substâncias químicas puras ou misturadas complexas exercem sobre os organismos vivos, abrangendo todo ou apenas algumas etapas do ciclo de vida dos mesmos, sob condições de teste controladas” (COSTA, 1997 apud AZEVEDO; CHASIN, 2003, p.208).

Segundo os autores, conforme o objetivo do teste de toxicidade, aplica-se diferentes tipos de ensaios como: agudo, subagudo, crônico, entre outros. Os testes agudos são de maneira convencional, realizados num curto prazo de tempo, no qual se mede o grau de mortalidade dos organismos testes expostos a diferentes concentrações de um determinado agente contaminante. Os resultados destes testes são expressos em termo de CE50 ou CL50, ou seja, concentração efetiva ou letal de 50 % da população com limites de confiança a 95%. Do mesmo modo, os teste subagudos obedecem a mesma metodologia dos testes agudos, com a diferença que os testes subagudos além de avaliar a mortalidade dos organismos testes, também avaliam os parâmetros quantitativos como por exemplo os efeitos do crescimento no organismo durante os testes.

Comumente para avaliações ecotoxicológicas utiliza-se como bioindicador *Daphnia magna* (figura 1). Este, é um representante da ordem *Clodocera* (filo Crustacea) que se alimenta por meio de filtração de matéria orgânica particulada, se enquadrando, portanto, como consumidores primários. Esses microcrustáceos locomovem-se através de sua antena, dando “saltos”, motivo pelo qual são conhecidos como pulgas d’água (KNIE; LOPES, 2004).

Figura 1 - Microcrustáceo *Daphnia magna* (A) e (B) Desenho esquemático detalhando os órgãos.



Fonte: Google imagens (2013).

A reprodução ocorre por partenogênese onde sua população é constituída majoritariamente por fêmeas. Por possuírem ciclos de vida curto e também pelo tipo de reprodução (partenogênese) é muito importante para organismos testes pois reduz a variabilidade genética em relação a reprodução assexuada, aumentando portanto a reprodutibilidade dos resultados (SOARES, 1990).

Uma das ferramentas utilizadas pelos limnólogos para a medição da transparência da água pela penetração vertical da luz solar na coluna d'água é o disco de *Secchi*. É um disco de 20 cm de diâmetro, com cores preta e branca alternadas em sua superfície. Mergulha-se o disco até que este seja impossível de enxergá-lo, denominando-se de profundidade de *Secchi*; que indica que 95% da zona eufótica já se extinguiu (POMPEO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

“A transparência do disco de *Secchi* é essencialmente uma função de reflexão da luz pela sua superfície e é portanto influenciada pelas características de absorção da água e da matéria orgânica nela dissolvida e em suspensão. Existe, dentro de certos limites, uma relação parabólica entre a matéria orgânica dissolvida e a transparência do disco de *Secchi*” (WETZEL, 2000, p.79).

Para Esteves (1998) a transparência de *Secchi* é uma das medidas que serve para avaliar o processo de eutrofização de um lago, devendo ser utilizada em conjunto com as concentrações de fósforo e clorofila a. A medida de transparência em águas para avaliação do estado trófico, responde mais adequadamente em ambientes lênticos, como sugere Pompeo e Moschini-Carlos (2003). Em ambientes lóticos a medida de transparência é afetada pela turbidez da água, que se deve na maior parte das vezes, ao material mineral em suspensão (PNMA, 2006).

Com relação aos materiais que formam e que se depositam no fundo dos rios, lagos e reservatórios, ou simplesmente sedimentos, Esteves (1998) informa que se constituem de uma fase mineralógica com partículas de tamanhos, formas e composição química distintas. Processos biogeoquímicos controlam o acúmulo e a redistribuição das espécies químicas. Outro fator que influencia a adsorção e a retenção de contaminantes na superfície das partículas é o tamanho da partícula. A tendência observada é que quando o grão diminui, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam. Esta tendência é devido ao fato de que o somatório de pequenas partículas resultarem em uma área com maior superfície para a adsorção de contaminantes (IPAT/UNESC, 2012).

Para Esteves (1998) o sedimento pode ser considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Nele ocorrem processos biológicos, físicos e químicos, que influenciam no metabolismo de todo o sistema. Além disso, o sedimento, devido à sua composição química e biológica é de fundamental

importância no estudo da evolução histórica de ecossistemas aquáticos e terrestres (ESTEVEZ, 1998).

Com relação à regulamentação a respeito de caracterização de sedimento, a resolução CONAMA 454 de 01 de novembro de 2012, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Os critérios e limites estabelecidos pela resolução basearam-se em valores do Guia Canadense de Qualidade de Sedimentos para Proteção da Vida Aquática, elaborado pelo Conselho de Ministros de Meio Ambiente do Canadá (BRASIL, 2012).

O CONAMA 454 de março de 2012 utiliza 34 indicadores ou variáveis de qualidade de sedimento (físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas), considerando-se aquelas mais representativas. São elas: a) Variáveis Físicas: granulometria; pH e umidade; b) Variáveis Químicas: alumínio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel e zinco; pesticidas organoclorados (aldrin, BHC, clordano, DDE, DDT, dieldrin, endosulfan, endrin, heptaclor, heptacloro epóxido, lindano, metoxiclor, mirex, TDE e toxafeno) e bifenilas policloradas; c) Variáveis Hidrobiológicas: organismos bentônicos; d) Variáveis Toxicológicas: ensaio de toxicidade aguda/sub-letal com o anfípodo *Hyalella azteca* e ensaio de mutação reversa (conhecido como teste de Ames).

A Lagoa da Encantada localiza-se no município de Jaguaruna, no balneário Dunas do Sul e serve como manancial de abastecimento público. A exemplo do que ocorre na maior parte do litoral catarinense, a exploração imobiliária no local cresce de forma acelerada pressionando os ecossistemas, principalmente os recursos hídricos.

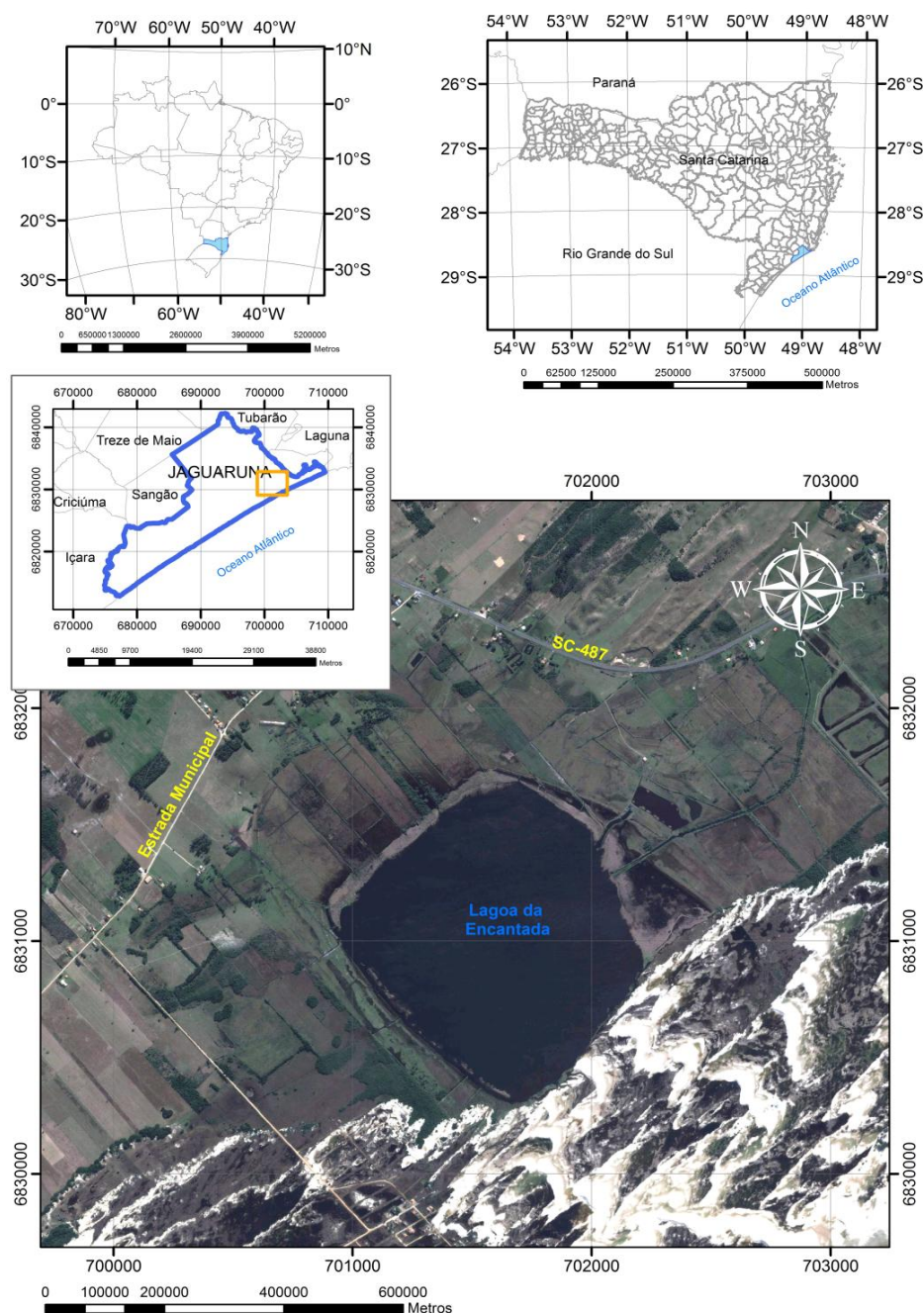
Desta forma, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo apresentar uma avaliação preliminar da qualidade da água e do sedimento em uma estação amostral localizada na Lagoa da Encantada no Balneário Dunas do Sul, município de Jaguaruna, SC. Para tanto, se fez necessário: a) avaliar as condições de qualidade da Lagoa da Encantada como manancial de abastecimento utilizando o IQA; b) avaliar a qualidade da água para fins de proteção da vida aquática utilizando o IVA; c) avaliar o nível de estado trófico da Lagoa da Encantada utilizando o IET - Índice de Estado Trófico e d) caracterizar o sedimento da Lagoa da Encantada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, Balneário Dunas do Sul, está localizada a 8,5 km a sudeste da sede do município (Figura 2), a uma Latitude $28^{\circ}38'13.63''$ S e Longitude $48^{\circ}56'05.09''$ W e contempla aproximadamente 7 quilômetros de faixa litorânea.

Figura 2 - Localização da área de estudo, destacando o município de Jaguaruna e o Balneário Dunas do Sul, SC.



Fonte: adaptações de IBGE (2010); Google Earth (2013).

Com uma área de 328,347 km² e densidade demográfica de 52,49 habitantes por km², o município de Jaguaruna abrange em seu território 12 balneários: Camacho, Dunas do Sul, Garopaba do Sul, Paraíso, Nova Camburiú, Figueirinha, Arroio Corrente, Campo Bom, Esplanada, Copa 70, Janaína e Torneiro (IBGE, 2010).

O clima é qualificado segundo Köppen como cfa, representando um clima subtropical úmido, sem estação seca, com verão quente e temperatura maior que 22 °C. No inverno a temperatura média fica em torno de 15 a 18°C. A umidade relativa do ar pode variar de 81,7 a 82,4% (EPAGRI/CIRAM, 2001).

O uso do solo na região é preponderantemente turístico e também residencial, sendo a região ocupada por médias e pequenas propriedades. Atualmente encontram-se em implantação, ou já implantados, diversos parcelamentos de solo na região, apresentando estar destinados a moradias de diversos padrões construtivos, dependendo do loteamento (LIMA; TRAUCZNSK, 2010, p. 4).

A Figura 3 mostra a ocupação do Balneário Dunas do Sul, nas proximidades da Lagoa da Encantada, com implantação de novas residências de veraneio.

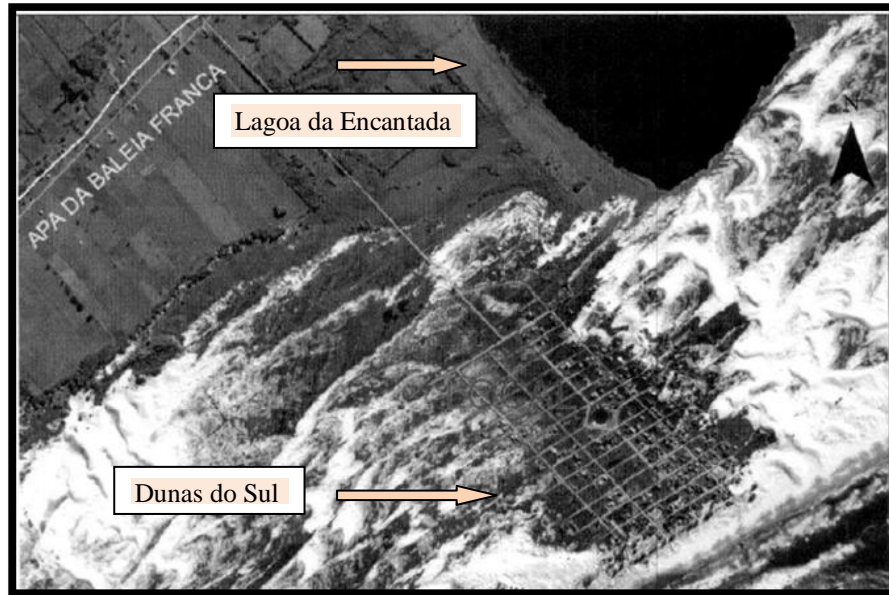
Figura 3 - A) Casas com arruamento não pavimentado em área de dunas; B) Casa em construção.



Fonte: Acervo da autora

Segundo (LIMA; TRAUCZNSK, 2010) o Balneário Dunas do Sul (Figura 4) encontra-se situado no interior da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (APA da Baleia Franca) instituída pelo Decreto Federal em 14 de setembro de 2012.

Figura 4 - Balneário Dunas do Sul e parte da Lagoa da Encantada, Jaguaruna, SC.



Fonte: LIMA; TRAUCZNSK (2010, p. 5)

A Lagoa da Encantada localiza-se no lado oeste do balneário, e é utilizada como reservatório para abastecer do Balneário do Camacho. No entorno da lagoa a vegetação é típica de restinga e com presença predominante de espécies herbáceas e arbustivas como: *Daphnopsis rancorosa* (thymelaceae), *Paspalum sp*, *Paspalum sp2* (poaceae), *Pycreus polystachyos* (ciperaceae), *Tiboucina sp* (melastomataceae), *Juncus eflusus* (juncaceae), *Cintella asiática* (apiaceae). Apesar de se apresentar relativamente preservada, são observadas pequenas áreas antropizadas servindo de pastagem para a criação de gado.

2.2 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DA LAGOA.

A amostragem foi realizada na porção central da lagoa, conforme mostra a Figura 5 (A), e em três profundidades: superfície, meio e fundo. No mesmo ponto foi amostrado também o sedimento. A estação amostral da Lagoa da Encantada está localizada nas coordenadas Latitude 07°01'41.09" S e Longitude 68°30'96.08" W. A amostragem ocorreu no dia 25 de março de 2013 no período compreendido entre as 12:30 e 14:00 horas, o que favorece a verificação da profundidade de *Secchi* (POMPEO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Para acesso ao ponto de coleta foi utilizado um barco a remo de propriedade do IPARQUE – UNESC. A Figura 5 (B e C) apresenta a situação no momento da amostragem.

Figura 5 - A) Estação de amostragem de água e sedimento na Lagoa da Encantada; B) vista da estação para Leste; e C) amostragem de água em 25/03/2013 (superfície). Balneário Dunas do Sul, Jaguaruna, SC.

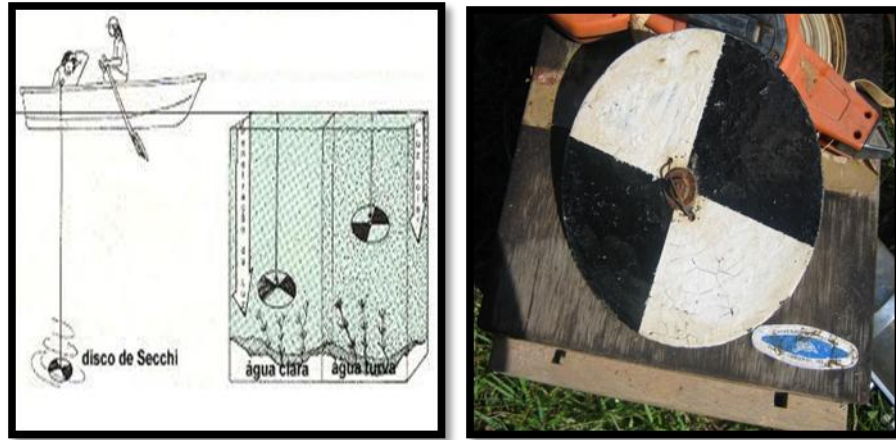


Fonte: Google Earth, 2013 modificado e Acervo da autora

2.2.1 Profundidade e transparência de *Secchi*

A profundidade da lagoa no ponto de amostragem foi obtida com o próprio cabo do disco de *Secchi* (Figura 6), também utilizado para medir a profundidade da zona eufótica.

Figura 6 - A) Desenho esquemático demonstrando a utilização do disco de *Secchi*; B) disco de *Secchi* utilizado para avaliar a transparência da Lagoa da Encantada.



Fonte: Google imagens, 2013 e Acervo da Autora.

O uso do disco seguiu as orientações de Esteves (1998) e Pompeo e Moschini-Carlos (2003), resumindo-se nos seguintes passos:

- a) Ancorou-se o barco no ponto de amostragem;
- b) O disco foi baixado lentamente na água, até que o mesmo desaparecesse do campo de visão. A profundidade foi anotada;
- c) Repetiu-se este procedimento 3 vezes para obtenção do valor médio da profundidade.

2.2.2 Amostragem e parâmetros de análise

A amostragem foi realizada em 3 profundidades da coluna d'água (superfície, meio e fundo) e também no sedimento. A amostra de superfície foi obtida a 0,30 metros da superfície da água; a amostra do meio foi obtida dividindo-se por dois a profundidade do ponto amostral; e a amostra de fundo obteve-se a 0,30 metros do fundo.

As amostras de meio e fundo da coluna d'água foram obtidas com auxílio da garrafa de *Van Dorn* (Figura 7), com capacidade de 2 litros. A amostra de superfície foi obtida diretamente no frasco de coleta.

Figura 7 - Garrafa de Van Dorn utilizada para amostragem de água em diferentes profundidades



Fonte: Acervo da autora.

As amostras foram drenadas para diferentes frascos etiquetados de acordo com os parâmetros a serem analisados e contendo (quando necessário) reagente específico para preservação, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Preservação e armazenamento das amostras de água bruta de acordo com o tipo de análise.

Parâmetro	Tipo de frasco	Volume (mL)	Reagente para Preservação (mL)
DQO	<i>Pet</i> (politereftalato de etileno)	1000	2 mL H ₂ SO ₄
Fenóis	<i>Pet</i> (politereftalato de etileno)	1000	2 mL H ₂ SO ₄
Metais	<i>Pet</i> (politereftalato de etileno)	1000	2 mL HNO ₃
Óleos e graxas	Vidro âmbar	1000	2 mL HCl
Coliformes Fecais	<i>Pet</i> (politereftalato de etileno) e esterilizado	1000	Água bruta

Fonte: Próprio autor

Para a análise dos demais parâmetros foram coletados 5 litros de água (amostra em superfície e amostra de fundo), que também foram mantidos sob refrigeração até chegarem ao laboratório.

Os frascos foram devidamente etiquetados e mantidos refrigerados em caixas térmicas e transportadas até o laboratório de Águas e Efluentes do IPARQUE (Figura 8).

Ainda no local foram medidos o pH, com auxílio peagâmetro da marca Digimed modelo DM2P; oxigênio dissolvido e temperatura com oxímetro da marca YSI modelo Pro-ODO.

Figura 8 - Os frascos utilizados para armazenamento das amostras, onde: A) garrafa estilo pet de 1000 mL, B) vidro âmbar de 1000 mL e C) garrafa tipo pet de 5000 mL



Fonte: Acervo da autora

Os parâmetros de análise foram selecionados com base nos índices de qualidade aplicados na Lagoa da Encantada associados às características observadas no entorno desta lagoa que poderiam contribuir para a qualidade da água. A Tabela 2 mostra os parâmetros analisados, a profundidade onde foi analisado e o método analítico adotado.

Tabela 2 – Parâmetros analisados em água, amostragens em superfície, meio ou fundo da coluna d'água e método de análise.

Parâmetro	Amostragem ou Medição	Método de Análise
Temperatura	superfície, meio e fundo	termômetro de mercúrio
pH	superfície, meio e fundo	potenciométrico
Oxigênio dissolvido	superfície, meio e fundo	potenciométrico
DBO	superfície e fundo	diferença de OD em 5 dias
DQO	superfície e fundo	refluxo/colorimétrico
Fenóis	superfície e fundo	Colorimétrico
Detergentes	superfície e fundo	Colorimétrico
Fósforo Total	superfície e fundo	Colorimétrico
Nitrogênio Total	superfície e fundo	Kjeldahl/Titulométrico
Óleos e Graxas	superfície e fundo	Ext. Soxhlet e Gravimétrico
Sólidos Dissolvidos e Totais	superfície e fundo	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	superfície e fundo	Nefelométrico
Zinco e Cobre	superfície e fundo	Espec. Absorção Atômica

2.2.3 Amostragem e caracterização do sedimento

Para amostragem do sedimento da Lagoa da Encantada, utilizou-se uma draga de fundo com capacidade amostral de 20 a 25 cm² que equivale a aproximadamente 1 kg de material amostrado (Figura 9). O sedimento foi armazenado em balde plástico com tampa e transportado até o Laboratório do IPARQUE.

Figura 9 - Amostragem do sedimento, onde: A) detalhe da draga; B e C) armazenamento do sedimento até ser transportado ao Laboratório; e D) sedimento em laboratório para a análise.



Fonte: Acervo da Autora.

Para avaliar o sedimento da Lagoa da Encantada foi realizado ensaio granulométrico utilizando as peneiras de 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,062; 0,045; 0,025 milímetros e fundo.

O pH e o potencial do oxi-redução do sedimento foram medidos na amostra tal qual; e os demais parâmetros físico-químicos foram obtidos na amostra seca a 65°C: sólidos, matéria orgânica; carbono orgânico; nitrogênio total e fósforo total.

2.2.4 Teste de toxicidade aguda *Daphnia magna*

Para o presente teste foi utilizado a metodologia intitulada Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia magna* desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT que normatizou o uso da espécie através da NBR 12.713 (ABNT, 1993).

O organismo teste foi selecionado para a pesquisa por apresentar numerosos estudos sobre a *Daphnia magna* além da sua literatura conhecida na comunidade científica, e por apresentar facilidade de manejo e fácil ser cultivado e mantido no Laboratório.

O teste de toxicidade aguda *Daphnia magna* foi realizado no Laboratório de Ecotoxicologia do IPARQUE. Foram preparadas 4 diluições (solução teste) e um controle. As amostras foram testadas baseando-se na exposição de neonatos de *Daphnia magna*, com 6 a 26 horas de vida. Nas diluições foram utilizados água de diluição, meio ISO, pela norma ISO 6341 (ISO, 1996). Após o preparo, a água da diluição foi areada por 12 horas, para a solubilização total dos sais, saturação do oxigênio dissolvido e estabilização do pH.

Foram utilizados béqueres de 50 mL para cada diluição de solução-teste, no qual foram testados 10 organismos para cada diluição e 10 para o controle, seguindo o princípio da distribuição da menor para a maior concentração do agente tóxico, iniciando pelo controle. A figura 10 ilustra alguns passos do teste de toxicidade.

Figura 10 - Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia magna*, onde: A) incubadora; B) béqueres com os organismos expostos as diluições C) apresenta o controle teste.



Fonte: Acervo da autora.

Após 48 horas observa-se a imobilidade dos indivíduos. No resultado final foi avaliado a Concentração Efetiva Inicial Mediana - CE(I)50, da concentração da amostra no início do ensaio, que causa efeito agudo a 50% dos organismos expostos em 48 horas.

2.2.5 Cálculo do IQA

Para a realização do cálculo do IQA, utilizou-se os parâmetros estabelecidos pela National Sanitation Foundation (NSF) Tabela 3 com os respectivos pesos (w_i) e suas curvas médias da variação da qualidade da água em função da concentração (Figura 11).

Tabela 3 - Parâmetros que compõem o IQA com os respectivos pesos de contribuição na formação do índice (w_i)

IQA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: CETESB (2006)

O cálculo do IQA leva em conta o produtório ponderado do valor obtido em função da concentração de cada parâmetro que compõe o índice na curva de qualidade (q_i) (Figura 11) na potência do seu peso correspondente (w_i), conforme equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

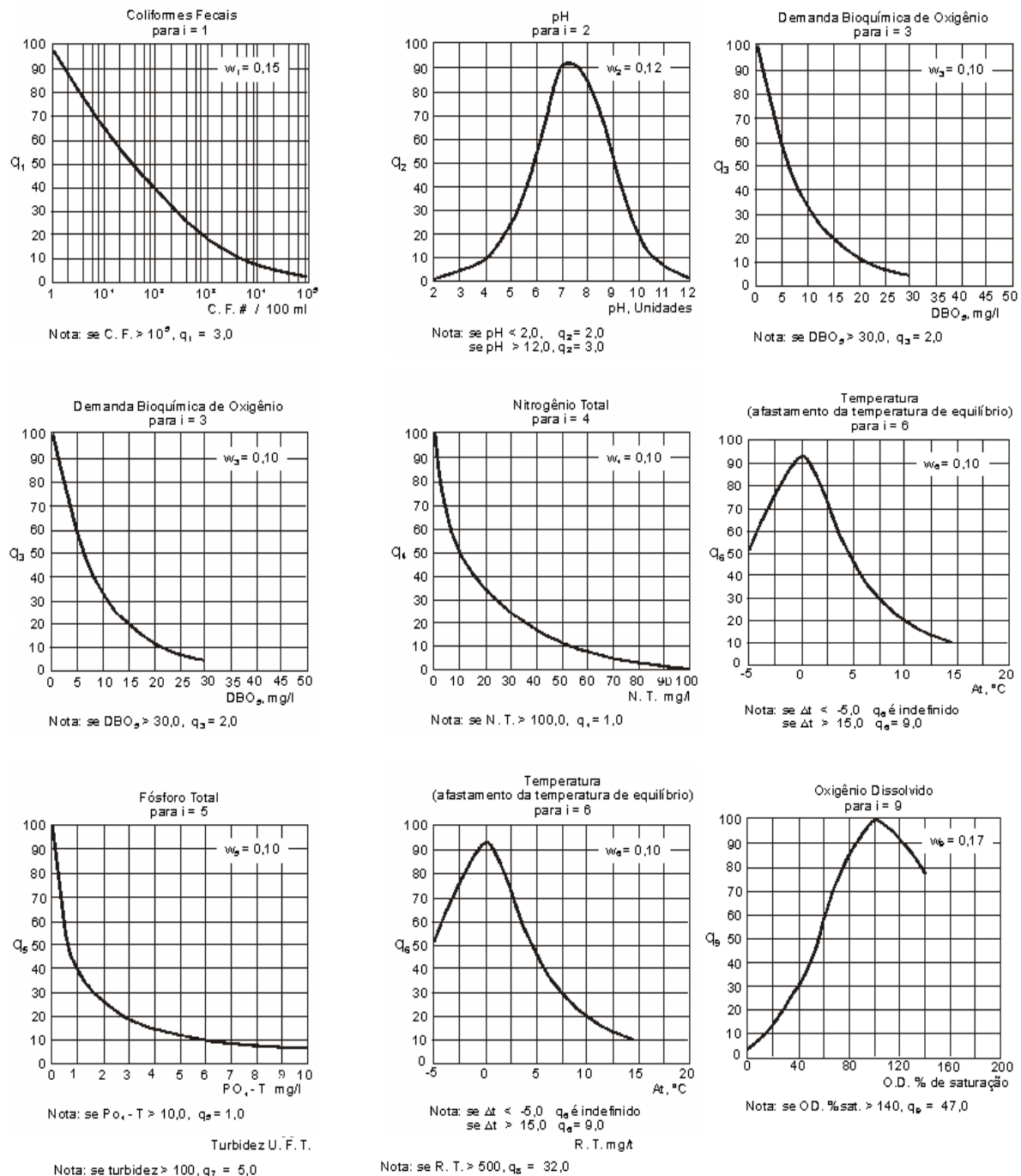
Onde:

IQA – Índice de qualidade das Águas, correspondendo aos valores de 0 a 100.

q_i - qualidade do parâmetro i , correspondendo aos valores de 0 a 100, obtido pela curva média de variação de qualidade.

w_i – peso correspondente ao parâmetro i , que assume valores de 0 a 1, em função da sua importância na composição do índice de qualidade.

Figura 11 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas utilizadas no IQA



Fonte: BRAGA (2005).

Derísio (2000) apresenta os critérios adotados para a classificação do IQA (Tabela 4); e ressalta que essa classificação diz respeito à qualidade da água de mananciais para fins de utilizá-los para abastecimento doméstico após o tratamento convencional.

Tabela 4 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas – IQA.

Faixa de IQA	Classificação
$79 < IQA \leq 100$	Ótima
$51 < IQA \leq 79$	Boa
$36 < IQA \leq 51$	Regular
$19 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA < 19$	Péssima

Fonte: DERÍSIO, 2000 – Critério CETESB.

2.2.6 Cálculo do IVA

Como objetivo do IVA na proteção da fauna e flora aquática, a partir da avaliação da qualidade das águas, é preciso aplicar o cálculo do IPMCA (Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática) e IET (Índice do Estado Trófico) de Carlson modificado por Toledo (1990 apud SPERLING, 2006), pois o mesmo se encontra na fórmula do cálculo IVA. Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, como também sobre o seu grau de trofia.

2.2.6.1 Cálculo do IPMCA

Para o cálculo do IPMCA a CETESB (2013) disponibiliza uma tabela ilustrando os parâmetros essenciais e parâmetros de Substâncias Tóxicas (ST) com as ponderações, de acordo com os três níveis de qualidade apresentados no quadro 2.

Com as ponderações dos parâmetros dadas para as variáveis determinadas para a amostra de água, o IPMCA é calculado pela equação:

$$IPMCA = PE \times ST$$

Onde:

PE - Valor DA maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais

ST - Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas

Quadro 2 - Parâmetros utilizados no cálculo do IPMCA com as ponderações e os níveis de qualidade.

Grupos	Parâmetros	Níveis	Faixa de variação	Ponderação
Parâmetros Essenciais (PE)	OD (mg.L ⁻¹)	A	≥5,0	1
		B	3,0 a 5,0	2
		C	< 3,0	3
	pH	A	6,0 a 9,0	1
		B	5,0 a < 6,0 e > 9,0	2
		C	< 5,0 e > 9,5	3
	Toxicidade	A	Não Tóxico	1
		B	Efeito Crônico	2
		C	Efeito Agudo	3
Substâncias Tóxicas (ST)	Cádmio (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,001	1
		B	> 0,001 a 0,005	2
		C	> 0,005	3
	Cromo (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,05	1
		B	> 0,05 a 1,00	2
		C	> 1,00	3
	Cobre (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,02	1
		B	> 0,02 a 0,05	2
		C	> 0,05	3
	Chumbo (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,03	1
		B	> 0,03 a 0,08	2
		C	> 0,08	3
	Mercúrio (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,0002	1
		B	> 0,0002 a 0,001	2
		C	> 0,001	3
	Níquel (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,025	1
		B	> 0,025 a 0,160	2
		C	> 0,160	3
	Fenóis (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,001	1
		B	> 0,001 a 0,050	2
		C	> 0,050	3
	Surfactantes (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,5	1
		B	> 0,5 a 1,00	2
		C	> 1,00	3
	Zinco (mg.L ⁻¹)	A	≤ 0,18	1
		B	> 0,18 a 1,00	2
		C	> 1,00	3

Fonte: CETESB, 2013.

2.2.6.2 Cálculo do IET

Com o objetivo de avaliar o nível trófico do corpo hídrico com relação à concentração de fósforo, o IET(P) é calculado pela equação:

$$\text{IET(P)} = 10 \{ 6 - [\ln (80,32/\text{P}) \div \ln 2] \}$$

Onde:

IET(P): Índice do Estado Trófico para o Fósforo;

P: concentração de fósforo em mg/m^3 .

A classificação do estado trófico é dado em função das características relacionadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação dos índices do estado de trofia.

Estado trófico	Critério	Classes do IET Ponderação
Oligotrófico	IET<44	1
Mesotrófico	IET =44,1 a 54	2
Eutrófico	IET =54,1 a 74	3
Hipertrófico	IET>74	4

Fonte: CETESB (2006)

Com os dados do IPMCA e do IET calcula-se o IVA com base na equação:

$$\text{IVA} = (\text{IPMCA} \times 1,2) + \text{IET(P)}$$

O IVA resulta em cinco classificações de qualidade, segundo a Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação da qualidade da água com aplicação do IVA

Classificação	IVA
Qualidade Ótima	IVA = 2,2
Qualidade Boa	IVA = 3,2
Qualidade Regular	$3,4 \leq \text{IVA} \leq 4,4$
Qualidade Ruim	$4,6 \leq \text{IVA} \leq 6,8$
Qualidade Péssima	IVA > 7,6

Fonte: Sperling (2007); CETESB (2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para conhecimento prévio da estratificação das condições da Lagoa da Encantada com relação à profundidade da coluna d'água, foram avaliados os parâmetros pH, temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na superfície, meio e fundo da lagoa. Os resultados se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros físico-químicos das unidades amostrais, superfície meio e fundo da qualidade da água da Lagoa da Encantada, Balneário Dunas do Sul, SC.

Parâmetros	Unidade	Amostras		
		Superfície	Meio	Fundo
pH		7,7	7,7	7,8
Temperatura	°C	24,3	24,3	24,3
Oxigênio Dissolvido	(mg.L ⁻¹)	8,5	8,4	8,4

Fonte: Acervo do autor

Os dados demonstraram a pouca variação nos parâmetros avaliados, sugerindo que a Lagoa da Encantada trata-se de um corpo d'água sem estratificação, provavelmente devido à grande relação área\profundidade o que promove a mistura da água e torna a lagoa homogênea com relação à temperatura e oxigenação. Esteves (1998) sugere que lagos rasos são pouco estratificados e apresentam condições de qualidade de água semelhante em toda a coluna d'água.

A transparência medida com o disco de *Secchi* resultou em uma profundidade de 1,80 metros contra 1,90 metros de profundidade total no ponto amostral. Segundo Pompeo; Moschini-Carlos (2003) e Esteves(1998) considera-se zona fótica a profundidade de até 3 vezes a profundidade de *Secchi*. Desta forma, toda a coluna d'água da lagoa está sob a influência da luz solar, podendo realizar fotossíntese caso as demais condições para tal processo sejam satisfeitas.

As informações preliminares a respeito da homogeneidade da água e também da transparência em toda coluna d'água, refletem-se também na pouca variação dos demais parâmetros físico-químico analisados conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água obtidas na superfície e fundo da Lagoa da Encantada e valores de referência do Conama 357/05 para água doce.

Indicador de qualidade de água	Amostras		Valores de referência		
	Superfície	Fundo	Classe 1	Classe 2	Classe 3
pH	7,7	7,8	6 a 9	6 a 9	6 a 9
DBO (mg.L ⁻¹)	3	2	até 3	até 5	até 10
DQO (mg.L ⁻¹)	<20	<20	n/c	n/c	n/c
Detergentes (mg.L ⁻¹)	<0,1	<0,1	0,5	0,5	n/c
Fenóis (mg.L ⁻¹)	<0,05	<0,05	0,003	0,003	0,01
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	<0,01	<0,01	0,020	0,030	0,050
Nitrogênio total (mg.L ⁻¹)	0,9	0,5	2,0	2,0	5,6
Óleos e graxas (mg.L ⁻¹)	<1	<1	0,5	0,5	0,5
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	8,5	8,4	>6	>5	>4
Sólidos dissolvidos totais (mg.L ⁻¹)	189	190	500	500	500
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	179	211	n/c	n/c	n/c
Turbidez (NTU)	2,2	4,4	<40	<100	<100
Cobre dissolvido (mg.L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,009	<0,009	0,013
Zinco (mg.L ⁻¹)	<0,01	<0,01	<0,18	<0,18	5,00
Coli totais (NMP/100ML)	ausente	ausente	<200	<1000	<2500

n/c: não consta valor de referência na resolução.

Fonte: Próprio autor.

No Brasil admite-se que a turbidez das águas naturais atinjam valores de até 100 NTU e ainda assim, podem ser utilizadas para abastecimento urbano após o tratamento simplificado (classe 1), convencional (classe 2) ou avançado (classe 3). Contudo, após o tratamento a turbidez da água deverá ser inferior a 5 NTU (Portaria MS n. 2914/2011), uma vez que o material em suspensão sugere a presença eventual microrganismos patogênicos.

Os valores de turbidez da água bruta da Lagoa da Encantada (amostra de superfície e de fundo) se encontram abaixo dos valor máximo recomendado para água tratada, demonstrando a aptidão deste manancial para este fim.

Com relação aos ensaios microbiológicos, os resultados indicam a ausência de bactérias termotolerantes ou coliformes fecais, demonstrando novamente que a água bruta da lagoa, embora se considere apenas uma amostragem, está condizente com os padrões de potabilidade. Com relação ao Conama 357/05 a lagoa encontra-se com qualidade de água compatível com uso de classe 1 neste quesito.

Os parâmetros químicos nitrogênio total e fósforo total encontra-se de acordo com a legislação prevista, obtendo valor de menor que o limite de detecção do método analítico, ou seja, menor que $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ de fósforo total tanto para amostra de superfície quanto de fundo. Para o nitrogênio total, os valores medidos para as amostras de superfície e fundo da coluna d'água foram respectivamente, 0,9 e $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Desta forma, pode se dizer que com relação a esses dois parâmetros a água da Lagoa da Encantada, tanto na amostra de superfície quanto de fundo são compatíveis com água doce classe 1.

Para os sólidos totais obteve-se uma pequena variação entre as duas profundidades, sendo que na superfície a concentração foi de 179 mg.L^{-1} para a superfície enquanto que para o fundo foi de 211 mg.L^{-1} . Enquanto que sólidos dissolvidos totais o valor é praticamente o mesmo (189 mg.L^{-1} na superfície e 190 mg.L^{-1} no fundo), o que demonstra conformidade com as condições de uso de classe 1.

Da mesma forma, os resultados das amostras de água tanto de superfície quanto de fundo para matéria orgânica (DBO), detergentes, zinco, óleos e graxas se encontram em conformidade com os requisitos estabelecidos para água com padrão de classe 1. Para fenóis e cobre dissolvido o limite do método analítico é pouco maior ou muito próximo do valor de referência para água doce classe 1, contudo, por analogia com os demais parâmetros, supõem-se que também estes indicadores de qualidade se encontrem em conformidade com esta classe de uso.

Assim, os dados obtidos no presente estudo demonstram que apesar da Lagoa da Encantada ser considerada como classe 2, no sistema de classificação do CONAMA 357/05, este manancial apresenta-se com qualidade de água compatível com classe 1, o que sugere tipos de uso mais nobres.

Aplicando-se a metodologia do IQA aos resultados das amostras de superfície e de fundo da coluna d'água, observa-se também que com relação a este índice a Lagoa da Encantada apresenta-se com Ótima qualidade e sem estratificação, conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação da qualidade da água com relação ao IQA nas amostras de superfície e fundo da Lagoa da Encantada, Dunas do Sul, SC.

Parâmetro	wi	Superfície			Valor medido	Fundo	
		Valor medido	qi	qi [^] wi		qi	qi [^] wi
Oxigênio dissolvido (%S)	0,17	98,8	100	2,19	98,6	100	2,19
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,15	aus	100	2,00	aus	100	2,00
pH	0,12	7,7	90	1,72	7,8	90	1,72
DBO (mg.L ⁻¹)	0,10	3	75	1,54	2	85	1,56
Nitrogênio total (mg.L ⁻¹)	0,10	0,9	90	1,55	0,5	70	1,56
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	0,10	<0,01	100	1,58	<0,01	100	1,58
Temperatura (°C)	0,10	24,3	92	1,57	24,3	92	1,57
Turbidez (NTU)	0,08	2,2	90	1,43	4,4	83	1,43
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	0,08	179	80	1,42	211	78	1,41
IQA				90,63			91,24
Classificação				Ótima			Ótima

Fonte: Próprio autor.

O IQA avalia as condições dos mananciais para fins de abastecimento da população após tratamento convencional da água. Os resultados demonstram que a Lagoa da Encantada é um manancial de ótima qualidade considerando tanto a amostra de superfície quanto de fundo.

Com relação ao IVA, índice de qualidade leva em conta a preservação da vida aquática os resultados obtidos para a Lagoa da Encantada encontram-se na Tabela 10.

Nesta tabela são apresentados também os resultados dos sub-índices que compõem o IVA, ou seja, o IPMCA e o IET, avaliados para a amostra de superfície e de fundo da coluna d'água.

Tabela 10 - Classificação da água da Lagoa da Encantada de acordo com os índices de qualidade para preservação da vida aquática.

	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo
Parâmetros	Valores medidos		Ponderação IPMCA	
OD (mg.L ⁻¹)	8,5	8,4	1	1
pH	7,7	7,8	1	1
Toxicidade	ausente	ausente	1	1
Fenóis totais (mg.L ⁻¹)	<0,05	<0,05	1	1
Surfactantes (mg.L ⁻¹)	<0,1	<0,1	1	1
Cobre dissolvido (mg.L ⁻¹)	<0,01	<0,01	1	1
Zinco (mg.L ⁻¹)	<0,01	<0,01	1	1
Parâmetros Essenciais	1	1	OD, pH, toxicidade	
Substâncias Tóxicas	1	1	Fenóis, surfact., Cu e Zn	
IPMCA = PE x ST	1	1		
Classificação IPMCA	Boa	Boa		
Fósforo total (mg/m ³)	10	10		
IET(P)	29,94	29,94		
Ponderação IET(P)	1	1		
Classificação do IET	Oligotrófico	Oligotrófico		
IVA = (IPMCA x 1,2) + IET	2,2	2,2		
Classificação do IVA	Ótima	Ótima		

Fonte: Próprio autor.

Os resultados demonstram que a lagoa é própria para manutenção da vida aquática com nível A com relação aos parâmetros essenciais e substâncias tóxicas, o que segundo Sperling (2007) representa águas com características desejáveis para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos. Esta situação reflete as condições da superfície e o fundo da Lagoa da Encantada na estação avaliada.

Os parâmetros essenciais (PE) associados aos parâmetros que compõe substâncias tóxicas resultaram no IPMCA de boa qualidade. Braga (2005) e Sperling (2007) ressaltam que

corpos d'água nesta condição refletem boas condições para preservação da vida aquática, uma vez que este índice está relacionado diretamente com oxigenação do corpo hídrico, associada à ausência de toxicidade.

Com relação à eutrofização, a concentração de fósforo na água de superfície e fundo resultou numa condição oligotrófica que de acordo com Braga (2005) reflete a condição de corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.

Associando-se IPMCA com IET(P) resultante das amostras de superfície e fundo, conclui-se que a Lagoa da Encantada pode ser considerada de ótima qualidade para fins de preservação da vida aquática. Situação esta que se reflete também no teste de toxicidade aguda realizada, utilizando a *Daphnia magna* como bioindicador.

O resultado do ensaio de toxicidade para amostra de superfície apresentou fator de diluição $FD = 1$. Fator de diluição é considerado pela portaria 017/02 da FATMA como a primeira de uma série de diluição que não se observa efeito tóxico. Para FD igual a unidade considera-se ausência de toxicidade para o organismo teste.

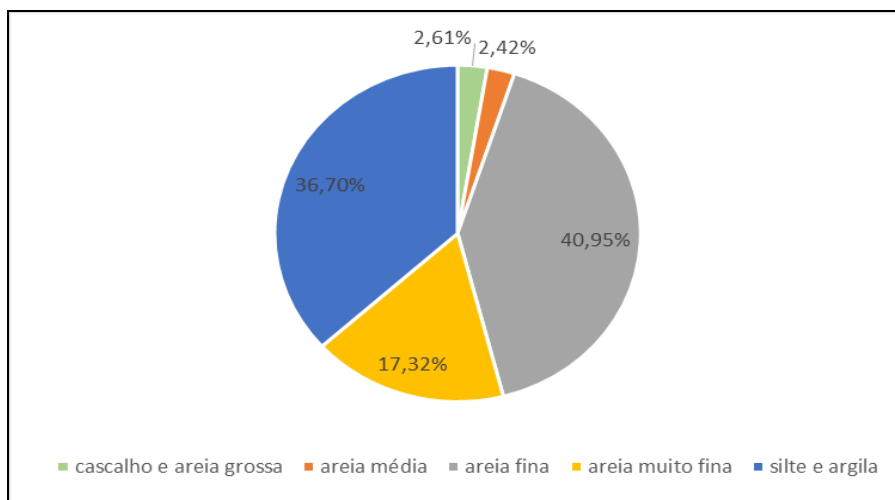
Como suporte aos resultados analíticos de qualidade da água, foi caracterizado também o sedimento amostrado na mesma estação amostral. A granulometria do material encontra-se representada na Tabela 11 e Figura 12.

Tabela 11 – Resultado do ensaio granulométrico para caracterização do sedimento da Lagoa da Encantada, Jaguaruna, SC.

Granulometria partícula	Malha das peneiras mm	mesh	%material retido
Cascalho	2	10	0,99
Areia muito grossa	1	16	0,83
Areia grossa	0,5	32	0,79
Areia média	0,25	60	2,42
Areia fina	0,125	115	40,95
Areia muito fina	0,062	250	17,32
Silte	0,045	175	2,88
Silte médio	0,025	500	6,92
Silte fino e argila	Fundo		26,90

Fonte: Próprio autor.

Figura 12 - Distribuição granulométrica das partículas do sedimento da Lagoa da Encantada.



Fonte: Próprio autor.

Horn Filho (2006) em seu trabalho sobre classificação geral da granulometria ao longo da costa da ilha de Santa Catarina reforça que a maior parte dos sedimentos analisados em seu estudo são constituídos por areia fina, predominando ao longo do norte e sul da ilha e areia muito fina na parte sudeste e nordeste da ilha de Santa Catarina.

Um outro estudo também relacionado com estudo granulométrico na planície costeira no litoral de Santa Catarina mostram a predominância de sedimento com granulometria típica de areia muito fina, reforçando que ambientes litorâneos, tem por característica esses tipos de sedimentos (FÉLIX; NEVES e CAMARGO, 2007).

Para complementar a avaliação da qualidade ambiental da lagoa da Encantada, caracterizou-se alguns parâmetros físico-químicos do sedimento. Como referência os resultados foram comparados com a resolução 454/2012 do Conama. A Tabela 12 mostra os resultados.

Os resultados demonstram que há predominância de matéria inorgânica ou inerte no sedimento (80,34% de sólidos totais fixos). Esta fração está relacionada provavelmente à presença de sílica e outras matérias inertes que compõem os sedimentos arenosos.

Tabela 12 – Resultados analíticos (parâmetros físico-químicos) do sedimento da Lagoa da Encantada, Jaguaruna , SC.

Parâmetros	Análises Físico-Químicas		Referência
	Unidade	Valor medido	Conama 454/12
Matéria Orgânica	%	23,1	n/c
Carbono Orgânico	%	12,8	10
Nitrogênio Total	mg/kg	6.600	4.800
Fósforo Total	mg/kg	1.800	2.000
pH		6,95	n/c
Potencial Redox	mV	-42	n/c
Sólidos Totais	%	19,23	n/c
Sólidos Totais Voláteis	%	19,66	n/c
Sólidos Totais Fixos	%	80,34	n/c
Umidade à 65°C	%	80,77	n/c

Observação n/c: não consta como valor de referência na resolução 454/12.

Fonte:Próprio autor.

A concentração de carbono orgânico, que representa o conteúdo biodegradável ou decomponível pela ação microbiológica do sedimento encontra-se acima do valor de referência do Conama 454/12.

O mesmo acontece com a concentração de nitrogênio total no sedimento. Neste sentido, ressalta-se que a resolução do Conama 454/12 estabelece os valores orientadores para carbono, nitrogênio e fósforo em sedimento para fins de gerenciamento de área com relação aos processos de eutrofização. O fósforo embora tenha apresentado concentração abaixo do valor de referência, o valor medido encontra-se bem próximo a este o que pode indicar que a Lagoa da Encantada poderá no futuro ter condições de eutrofização de suas águas, caso haja incremento de matéria orgânica de fontes antrópicas.

Neste sentido, vale lembrar que a transparência de *Secchi* resultou em condições eufóticas em toda a coluna d'água, situação esta que favorece a fotossíntese e consequentemente, o crescimento exagerado de vegetação aquática, incluindo as algas.

4 CONCLUSÃO

A Lagoa da Encantada localiza-se no município de Jaguaruna, no balneário Dunas do Sul e serve como manancial de abastecimento público. A exemplo do que ocorre na maior parte do litoral catarinense, a exploração imobiliária no local cresce de forma acelerada pressionando este importante reservatório de água.

Para avaliar a atual condição de qualidade foi realizada amostragem em uma estação localizada na porção central da lagoa. As amostras de água foram obtidas em 3 diferentes profundidades, sendo que no mesmo local amostrou-se também o sedimento. Os dados e resultados analíticos obtidos no presente estudo permitem concluir que:

- a Lagoa da Encantada não apresenta estratificação com relação à profundidade, apresentando nível próximo ao valor máximo de oxigenação em toda a coluna d'água;
- apesar de ser enquadrada como água doce de classe 2, conforme determina o artigo 42 da resolução 357/05 do Conama, a água da Lagoa apresentou na estação amostral condição compatível com a classe 1, sugerindo que este manancial possa ser indicado para usos mais nobres com relação à água;
- os resultados das análises físico-química e microbiológica da água bruta da lagoa são compatíveis com as determinações da Portaria 2914/11 que estabelece os padrões de potabilidade, considerando os parâmetros analisados e a amostragem em um único ponto;
- os resultados do ensaio de toxicidade aguda para o indicador *Daphnia magna* resultou ausência de toxidade na água e porção solubilizada do sedimento;
- aplicando-se a metodologia do IQA que avalia os mananciais para fins de abastecimento público, obteve-se a condição de ótima qualidade tanto para amostra de superfície quanto de fundo da coluna d'água;
- também os índices que avaliam as condições de preservação da vida aquática: IPMCA, IET e IVA demonstram a excelente condição de qualidade com que se apresenta a água da Lagoa da Encantada;
- conclui-se com isso que o uso e ocupação do solo no entorno da lagoa, até o momento não contribuiu para a alteração da qualidade deste recurso hídrico;
- o sedimento da Lagoa da Encantada é composto predominantemente por material fino (areia fina e muito fina, argila e silte, característica de ambientes litorâneos catarinenses. Cerca de 80% deste material é de característica inerte, provavelmente sílica;
- contudo, chama a atenção o fato dos parâmetros carbono orgânico e nitrogênio total registrado no sedimento que apresentaram concentrações acima dos valores de referência

recomendados pelo Conama 454/12 para gerenciamento de áreas de deposição de sedimento com relação aos processos de eutrofização;

- associado a este problema, tem-se o fato da transparência da água, obtida em função da profundidade de *Secchi*, que apontou que é possível ocorrer fotossíntese em toda a coluna d'água;

- essas condições sugerem que embora a água da Lagoa da Encantada se apresente com ótima qualidade, este importante reservatório de água do município de Jaguaruna em função do seu compartimento de fundo, apresenta condições de desenvolver processo de eutrofização;

- desta forma, medidas educativas devem ser adotadas de forma que a população local tenha consciência da importância deste recurso hídrico e principalmente da sua fragilidade que poderá por em risco um importante reservatório de água.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.713. Teste de Toxicidade Aguda em *Daphnia magna***. Rio de Janeiro, 1993.

ANA. Agência Nacional da Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Brasília: ANADF, 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>> Acesso em: 14 março 2013.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. M. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Paulo: Intertox, 2003.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio de desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 305p.

BRASIL. **Portaria MS nº2914, de 12 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. São Paulo, 2011.

BRASIL. **Resolução Conama nº357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Cetesb, São Paulo, 2005.

CETESB. Companhia Ambiental do estado de São Paulo. **Índice de qualidade das águas**, São Paulo: Cetesb/SP, 2013. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-(iqa)) Acesso em: 14\março\2013.

CETESB. Companhia Ambiental do estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2005**. Cetesb. São Paulo: CETESB. 2006. 264p.

DAJOZ, Roger. **Princípios de ecologia**. 7. ed Porto Alegre: Artmed, 2006. 519 p

EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina S.A. / Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais de Santa Catarina. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense (UPR 8)**. Florianópolis, 2001, 77 pág.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed, Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FATMA. **Portaria nº017/02, de 18 de Abril de 2002**. Estabelece os limites máximos de toxicidade aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências. Santa Catarina, 2002.

FELIX A.; NEVES J. e CAMARGO J.M. 2007. Estudo Granulométrico, Geológico e Evolutivo da Porção Emersa da Planície Costeira Adjacente à Praia dos Ilhéus, Governador Celso Ramos SC - Brasil. **Revista Gravel**, 5:111-126.

HORN FILHO. 2006. Granulometria das Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina. **Revista Gravel**, 4:1-21.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 abril. 2013.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Diagnóstico Ambiental do Rio Criciúma, SC**. Criciúma. 2012. 143p.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA, 2004. 288p.

LIMA C,A DE FREITAS; TRAUENZSK,R,A.**Laudo pericial**: Laudo de exame de meio ambiente nº1039 de 2010 –SR\DPF\SC.

NURENE. Núcleo Regional Nordeste. **Abastecimento de água**: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento, guia profissional em treinamento, nível 2. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Salvador: RECESA, 2008.139p.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta transporte tratamento e reúso agrícola** São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 520p.

PNMA – Programa Nacional de Monitoramento Ambiental/ MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Consolidação da seleção de índices e indicadores de qualidade da água**. <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume3.pdf>>. Acessado em 10 de setembro de 2006.

POMPEO, M. e Moschini-Carlos, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton, aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RIMA, 2003.

SILVA, D.C. da. **Efeitos tóxicos e genéticos ocasionados por agrotóxico**. Monografia-Especialização em Gestão de Recursos Naturais - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005. 56p.

SOARES, A. M. V. M. **Ecotoxicologia e Determinação de Riscos Ecológicos. Práticas e Perspectivas** In: 2ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente. Lisboa, 1990. v1.

SPERLING, Marcos. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 588p.

SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 452 p.

WETZEL, R. G. **Freshwater ecology:** changes, requirements, and future demands. Limnology, V.1, 2000.

WALL, D. H., PALMER, M. A.; SNELGROVE, V. R. **Biodiversity in critical transition zones between terrestrial, freshwater, and marine soils and sediments:** process, linkages, and management implications, ecosystems, V. 4, P. 418 – 420, 2001.

